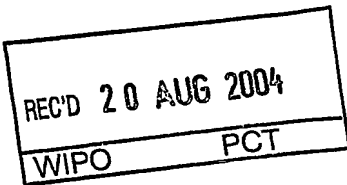


FOI/DE 200 17 00 1 00 1  
**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 30 258.1

**Anmeldetag:** 04. Juli 2003

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Gleichrichteranordnung mit unterschiedlichen  
Gleichrichterelementen

**IPC:** H 02 M 7/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. Juli 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Stenschus

25.06.03 Bü/Pv

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Gleichrichteranordnung mit unterschiedlichen Gleichrichterelementen

Stand der Technik

Gleichrichter für Kfz-Drehstromgeneratoren werden üblicherweise mit 6 Siliziumdioden ausgestattet, die als Brücke verschaltet sind. Kennzeichnend ist für alle diese Gleichrichterkonfiguration, dass sie in der Regel entweder nur mit hochsperrenden Dioden, also Dioden ohne Spannungsbegrenzungsfunktion oder Zenerdioden, also Dioden mit Spannungsbegrenzungsfunktion bestückt sind. Es werden dabei also jeweils nur gleichartige Halbleiterdioden verwendet. Eine Ausnahme sind Gleichrichter, bei denen ein zusätzliches Paar von Dioden mit dem Sternpunkt der Generatorständwicklung verbunden sind. Die Sternpunktsdioden sind in diesem Fall aus Kostengründen manchmal als hochsperrende Dioden ausgeführt, die Phasendioden aber als Zenerdioden.

Es sind auch Gleichrichter mit 7, 8, 12, 14 oder mehr Dioden im Einsatz. Dabei wird beispielsweise die Anzahl der Dioden dann von 6 auf 12 verdoppelt, wenn besonders hohe Temperatur- oder Stromanforderungen erfüllt werden sollen. Die Verschaltung der Dioden ist dann so, dass zwei Dioden parallelgeschaltet werden.

Die Höhe des gleichgerichteten Signals, also des Generatorstroms oder der Generatorspannung zeigt eine charakteristische Variation, die von verschiedenen Einflussfaktoren abhängt. Diese Variation wird als Generatorwelligkeit bezeichnet. Ein wesentlicher Beitrag zur Generatorwelligkeit wird durch die sogenannte Reverse Recovery Zeit  $t_{rr}$  der Dioden verursacht. Die Reverse Recovery Zeit  $t_{rr}$  ist dabei eine Art Schaltzeit.

Werden herkömmliche Generatoren bei hohen Drehzahlen und großen Strömen betrieben, steigt die Spannungs- bzw. Stromwelligkeit stark an, da die zu schaltende Stromflanke  $dI/dt$  zunimmt.

5 Vorteile der Erfindung

10 Die erfindungsgemäße Gleichrichteranordnung hat den Vorteil, dass auch bei hohen Drehzahlen und großen Strömen die Spannungs- bzw. Stromwelligkeit gering bleibt, so dass der Einsatz von erfindungsgemäßen Gleichrichtern unter Verwendung von Dioden auch bei Generatoren mit hoher Leistung möglich ist. Erzielt wird dieser Vorteil, durch die im Anspruch 1 angegebene Merkmalskombination, nach der eine Gleichrichteranordnung, insbesondere eine Gleichrichterbrücke, die mehrere Gleichrichterelemente umfasst, so ausgestaltet ist, dass vorgebbare Gleichrichterelemente sich in wenigstens einer Eigenschaft von den übrigen Gleichrichterelementen unterscheidet. Die Gleichrichterelemente sind vorteilhafter Weise Dioden.

15 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen werden durch die in den abhängigen Ansprüchen angegebenen Maßnahmen erhalten. Dabei ist besonders vorteilhaft, dass bei Gleichrichteranordnungen, die bei sehr hohen Strömen funktionsfähig bleiben sollen, durch Verdoppelung der Zahl der eingesetzten Dioden und Parallelschaltung von jeweils zwei Dioden die Spannungs- bzw. Stromwelligkeit ebenfalls deutlich verringert werden kann, indem als parallelgeschalteten Dioden jeweils Dioden mit wenigstens einer unterschiedlichen Eigenschaften eingesetzt werden.

20 Die Eigenschaften, in denen sich die eingesetzten Gleichrichterelemente bzw. Dioden unterscheiden sind vorteilhafter Weise die Schaltzeit, bzw. die Reverse Recovery-Schaltzeit ( $t_{rr}$ ) und/oder die Stromdichte und/oder die Chipfläche und/oder die Chipdicke und/oder die Durchbruchspannung ( $U_Z$ ) und/oder der Innenwiderstand ( $R_I$ ) und/oder der Bahnwiderstand und/oder eine weitere Eigenschaft, die zur Reduzierung der Welligkeit geeignet ist. Die Kombination der Dioden mit den vorteilhaften Eigenschaften ist dabei nach Erfordernissen wählbar. Es sind auch weitere Kombinationen von Dioden, die sich in mindestens einer Eigenschaft unterscheiden, denkbar, sowohl für Gleichrichter mit 6 als auch mit 12 Dioden denkbar.

## Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der Beschreibung näher erläutert. Im einzelnen zeigt Figur 1 eine erfindungsgemäße Ausgestaltung einer Gleichrichterbrücke mit unterschiedlichen Gleichrichterelementen. Figur 2 verdeutlicht schematisch den prinzipiellen Diodenstromverlauf über der Zeit während eines Abschaltvorgangs.

## Beschreibung

In der Figur 1 ist ein Ausführungsbeispiel für eine Gleichrichteranordnung dargestellt. Diese Gleichrichteranordnung umfasst eine Gleichrichterbrücke mit sechs Plusdioden PD und sechs Minusdioden MD, also mit insgesamt 12 Dioden, wobei die Dioden D11 bis D16 (D1), sich in wenigstens einer Eigenschaft von den Dioden D21 bis D26 (D2) unterscheiden. Die Dioden sind gemäß Ausführungsbeispiel Zenerdioden, generell können geeignete Gleichrichterelemente eingesetzt werden. Jeweils zwei Dioden mit unterschiedlichen Eigenschaften sind parallel geschaltet, beispielsweise die Diode D11 und die Diode D21.

Die Gleichrichterbrücke ist über die Anschlüsse A1, A2, A3 mit einem Generator G verbindbar, wobei über diese Anschlüsse prinzipiell das gleichzurichtende Signal, also eine Spannung oder ein Strom zugeführt werden kann. An den Anschlüssen A4 und A5 entsteht das gleichgerichtete Signal. Der Anschluß A5 liegt üblicher Weise auf Masse.

Durch die Parallelschaltung von vorgebbaren Dioden ist die in Figur 1 dargestellte Gleichrichteranordnung geeignet, bei Generatoren mit sehr hohen Strömen eingesetzt zu werden und kann auch bei großen Drehzahlen die dann vom Generator abgegebene hohe Leistung noch verarbeiten bzw. die Generatorspannung oder den Generatorstrom gleichrichten.

Die Dioden D1 und D2 bzw. D11 bis D16 und D21 bis D26 unterscheiden sich voneinander in mindestens einer Eigenschaft, gegebenenfalls auch in einer Kombination von Eigenschaften, wobei diese Eigenschaft oder Eigenschaften die Schaltzeit, bzw. die Reverse Recovery-Schaltzeit ( $t_{rr}$ ) und/oder die Stromdichte und/oder die Chipfläche und/oder die Chipdicke und/oder die Durchbruchspannung (UZ) und/oder Innenwiderstand (RI)

und/oder der Bahnwiderstand ist oder eine weitere Eigenschaft, die zur Reduzierung der Welligkeit geeignet ist.

5 Neben der in der Figur 1 dargestellten Ausgestaltung sind auch andere Kombinationen von Dioden oder Gleichrichterelementen möglich. Beispielsweise können sich die "unteren", also die Minusdioden nur aus einem Diodentyp zusammensetzen. Es wären dann die Dioden MD vom alle vom gleichen Typ, während die Plusdioden PD in D1 und D2 unterscheiden. Auch die umgekehrte Lösung ist möglich.

10 Eine weitere Ausgestaltung besteht darin, dass nur in einem oder zwei Strängen unterschiedliche Diodentypen bzw. Dioden mit unterschiedlichen Eigenschaften eingesetzt werden. Weitere Ausgestaltungen können neun Dioden, beispielsweise sechs in beschriebener Weise parallel geschaltete Plusdioden und drei Minusdioden MD umfassen.

15 In Figur 2 ist der prinzipielle Verlauf des Diodenstroms IF während eines Abschaltvorgangs über der Zeit t dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass beim Abschalten eines hohen Diodenstromes IF mit einer Steigung  $dIF/dt$  zum Zeitpunkt des Übergangs von Fluss zu Sperrpolung für eine gewisse Zeit, die Reverse Recovery Zeit  $t_{rr}$  ein Strom in Rückwärtsrichtung  $I_r$  fließt, da zuerst Minoritätsladungsträger in der Diode ausgeräumt oder  
20 abgebaut werden müssen, wobei gilt:  $QLadungsträger = f/IG, TCHIP$ ). Die Reverse Recovery Zeit  $t_{rr}$  kann in einen Zeitabschnitt  $t_1$  und einen Zeitabschnitt  $t_2$  aufgeteilt werden.

Häufig ist der Stromabriss im zweiten Zeitabschnitt  $t_2$  sehr abrupt, d.h. die Stromänderung  $dI_r/dt$  beim maximalen Rückwärtsstrom  $I_{rmax}$  ist sehr groß.  $I_{rmax}$  repräsentiert dabei den dem Rückwärtsstromwendepunkt. Die vorstehend genannten Bedingungen führen dazu, dass ein dass nur ein geringer Softfaktor erhalten wird. Mit Softfaktor wird der Zusammenhang  $s = t_2/t_1$  bezeichnet.

25 Die entstehende Spannungswelligkeit kann mit  $\Delta U_g = LBN \cdot dI_r/dt_{max}$  abgeschätzt werden, wobei gilt:

30  $t_{max}$  : Zeitpunkt des maximalen Stromänderung  $dI_r/dt$ , ist i.a. mit dem Zeitpunkt des maximalen Rückwärtsstromes identisch.

$LBN$  : Bordnetzinduktivität

Werden nun Dioden mit unterschiedlicher Reverse Recovery Zeit geeignet parallel geschaltet, kann der Stromabrisse weicher, d.h. mit geringerem  $dI_r/dt_{max}$  eingestellt werden. Dies äußert sich in einer geringeren Welligkeit der gleichgerichteten Spannung und damit auch des gleichgerichteten Stroms. Es kann somit erfindungsgemäß die Welligkeit durch Einsatz bestimmter Dioden bzw. Gleichrichterelemente verringert werden.

Erfindungsgemäß wird eine Diode D1 mit hohem Softfaktor  $s_1$  und eine Diode D2 mit weichem Softfaktor  $s_2$  parallel geschaltet. Wenn die Diode D1 mit einer, beispielsweise um 20 % - 40 % geringeren Stromdichte als Diode D2 betrieben wird, erreichen die Dioden den Rückstromwendepunkt zu unterschiedlichen Zeiten. Dies führt zu einem insgesamt weichen Schalten, d.h. zu einem größeren Softfaktor der Gesamtanordnung.

Eingesetzt in eine Gleichrichteranordnung mit einer Vielzahl von Gleichrichterelementen, insbesondere Dioden, ist es möglich, die Gleichrichteranordnung so auszugestalten, dass an vorgebbaren Stellen Parallelschaltungen von Dioden mit unterschiedlichen Eigenschaften eingesetzt werden, wobei die Auswahl der Dioden unter Berücksichtigung der zu erzielenden Effekte zu erfolgen hat. Ein bevorzugtes Einsatzgebiet ist für die Gleichrichterbrücke bei einem Hochleistungsgenerator in einem KFZ.

Zusammengefasst kann mit der Erfindung eine Reduzierung der Generatorwelligkeit durch Parallelschaltung von Dioden mit unterschiedlichen Reverse Recovery Eigenschaften und/oder unterschiedlicher Stromdichte erhalten werden. Zum Erzielen des unterschiedlichen Reverse Recovery Verhaltens können Dioden mit unterschiedlichen Durchbruchspannungen eingesetzt werden und beispielsweise Halbleiterdioden im Zenerspannungsbereich von 18 Volt bis 50 Volt mit Dioden im Zenerspannungsbereich von 100 Volt bis 800 Volt kombiniert werden. Unterschiedliche Stromdichten können durch unterschiedliche Chipflächen und/oder unterschiedlichen Chipdicken und/oder unterschiedliche Bahnwiderstände der Halbleiter realisiert werden.

25.06.03 Bü/Pv

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Ansprüche

1. Gleichrichteranordnung, insbesondere Gleichrichterbrücke für einen Drehstromgenerator, die mehrere Gleichrichterelemente umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass vorgebbare Gleichrichterelemente sich in wenigstens einer Eigenschaft von den übrigen Gleichrichterelementen unterscheiden.
2. Gleichrichteranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Eigenschaften der Gleichrichterelemente so gewählt werden, dass die Welligkeit der am Ausgang der Gleichrichteranordnung abgreifbaren Spannung oder des abgreifbaren Stromes minimal ist oder zumindest reduziert wird.
3. Gleichrichteranordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Eigenschaft, in der sich die Gleichrichterelemente wenigstens unterscheiden, die Schaltzeit, bzw. die Reverse Recovery-Schaltzeit ( $t_{rr}$ ) und/oder die Stromdichte und/oder die Chipfläche und/oder die Chipdicke und/oder die Durchbruchspannung (ZU) und/oder der Innenwiderstand (RI) und/oder der Bahnwiderstand und/oder eine weitere Eigenschaft, die zur Reduzierung der Welligkeit geeignet ist, ist.
4. Gleichrichteranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleichrichterelemente Dioden, insbesondere Zenerdioden sind.
5. Gleichrichteranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vorgebbare Gleichrichterelemente Parallelschaltungen von zwei Dioden mit unterschiedlichen Eigenschaften sind.

6. Gleichrichteranordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Dioden unterschiedliche Schaltzeiten bzw. unterschiedliche Reverse Recovery-Schaltzeiten ( $t_{rr}$ ) aufweisen.
- 5 7. Gleichrichteranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das unterschiedliche Reverse-Recovery-Verhalten durch Verwendung von Dioden mit unterschiedlichen Durchbruchspannungen erreicht wird.
- 10 8. Gleichrichteranordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine der beiden Dioden im Zenerspannungsbereich von 18 Volt bis 50 Volt und die andere im Zenerspannungsbereich von 100 Volt bis 800 Volt liegt.
- 15 9. Gleichrichteranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass unterschiedliche Stromdichten der Gleichrichterelemente durch unterschiedliche Chipflächen und/oder Chipdicken und/oder Bahnwiderstände realisiert werden.
- 20 10. Gleichrichteranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Gleichrichterbrücke als Gleichrichterelemente zwölf Dioden eingesetzt werden, wobei jeweils zwei Dioden mit unterschiedlichen Eigenschaften parallelgeschaltet sind.
- 25 11. Gleichrichteranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Gleichrichterbrücke mit zwölf Dioden entweder nur die Plus- oder nur die Minus-Dioden Parallelschaltungen von zwei Dioden mit unterschiedlichen Eigenschaften aufweisen.
- 30 12. Gleichrichteranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Gleichrichterbrücke mit zwölf Dioden vier Dioden mit der ersten Eigenschaft und acht mit der zweiten Eigenschaft eingesetzt werden.
13. Gleichrichteranordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleichrichterbrücke neun Dioden aufweist.



25.06.03 Bü/Pv

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Gleichrichteranordnung mit unterschiedlichen Gleichrichterelementen

Zusammenfassung

15

Gleichrichteranordnung, insbesondere Gleichrichterbrücke für einen Drehstromgenerator, die mehrere Gleichrichterelemente umfasst wobei vorgebbare Gleichrichterelemente sich in wenigstens einer Eigenschaft von den übrigen Gleichrichterelementen unterscheiden.

20

Die Gleichrichterelemente sind beispielsweise Dioden, die sich in den Eigenschaften Schaltzeit, bzw. die Reverse Recovery-Schaltzeit ( $t_{rr}$ ) und/oder Stromdichte und/oder Chipfläche und/oder Chipdicke und/oder die Durchbruchspannung ( $U_Z$ ) und/oder Innenwiderstand ( $R_I$ ) und/oder Bahnwiderstand und/oder durch eine weitere Eigenschaft, die zur Reduzierung der Welligkeit geeignet ist, voneinander unterscheiden.

(Figur 1)

1/1

R306011

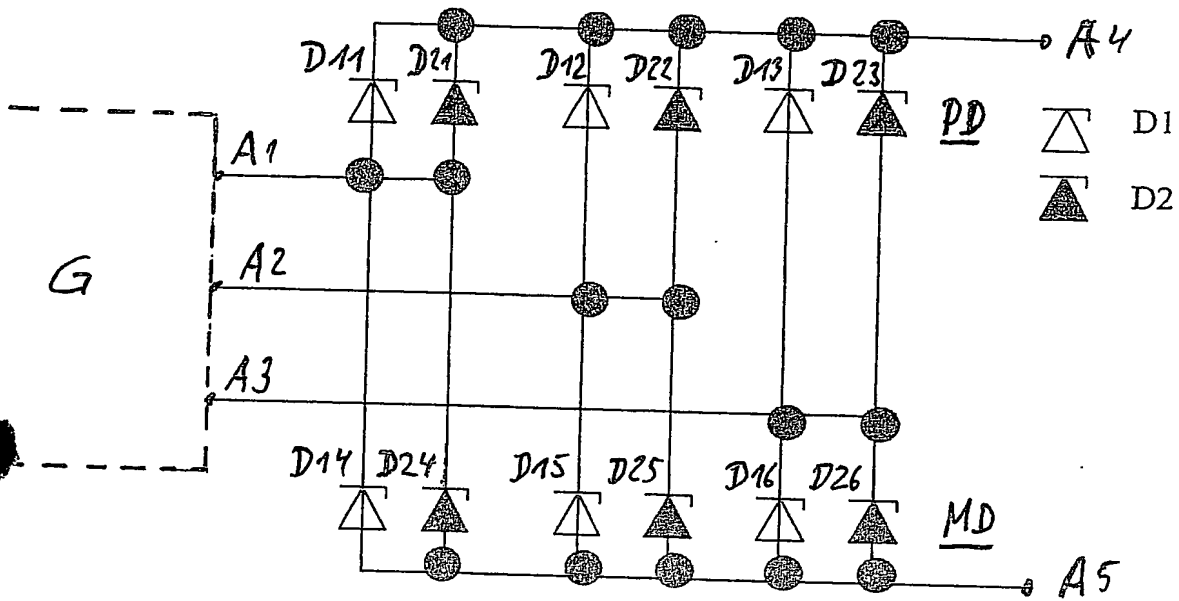


Fig 1

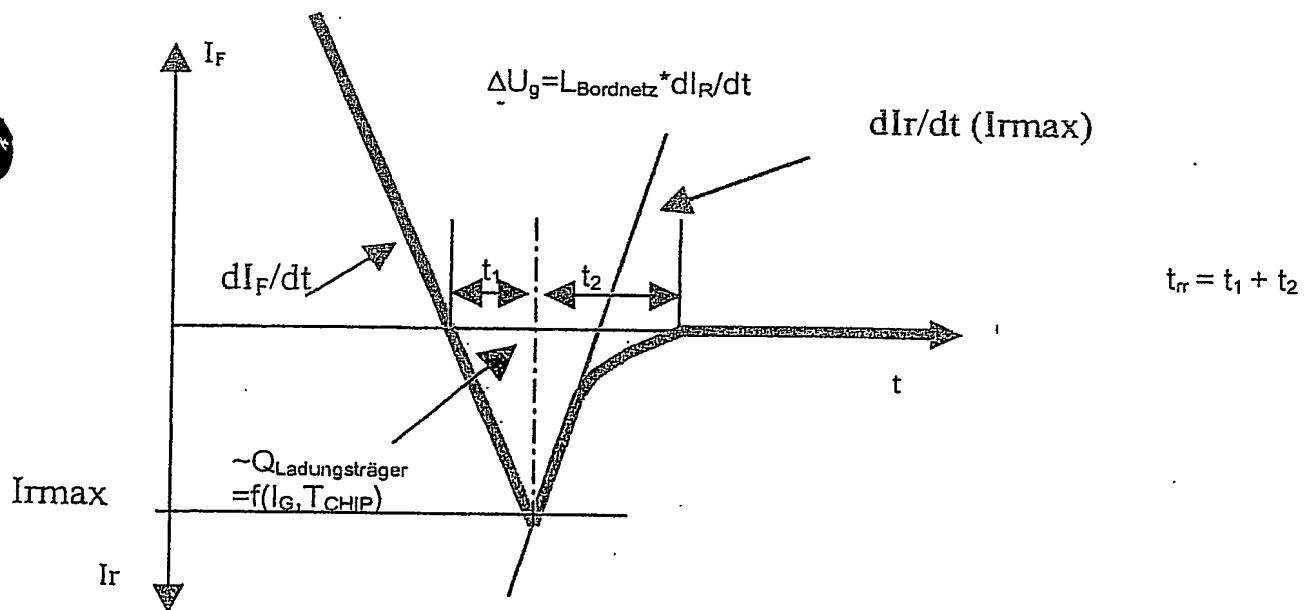


Fig 2